



RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

SUR

LES EFFETS PHYSIOLOGIQUES

DE

L'AUGMENTATION

DE LA

PRESSION ATMOSPHÉRIQUE

LYON. — IMPRIMERIE PITRAT AÎNÉ, RUE GENTIL, 4.

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

SUR

LES EFFETS PHYSIOLOGIQUES

DE

L'AUGMENTATION

DE LA

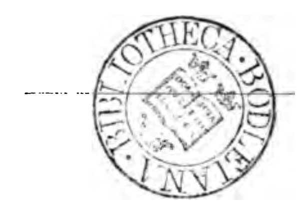
PRESSION ATMOSPHÉRIQUE

PAR

LE D[r] J. C. T. PRAVAZ

DOCTEUR ÈS SCIENCES,
ANCIEN INTERNE DES HOPITAUX DE LYON,
ANCIEN PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DES SCIENCES MÉDICALES DE LA MÊME VILLE,
MEMBRE CORRESPONDANT ET LAURÉAT DE LA SOCIÉTÉ MÉDICO-CHIRURGICALE D'AMSTERDAM,
MEMBRE CORRESPONDANT DE LA SOCIÉTÉ DE MÉDECINE DE PARIS,
DE LA SOCIÉTÉ PHYSICO-MÉDICALE DE MOSCOU, DE LA SOCIÉTÉ MÉDICALE DE GENÈVE,
DES SOCIÉTÉS NATIONALES DE MÉDECINE DE LYON ET DE MARSEILLE,
DE LA SOCIÉTÉ DE MÉDECINE ET DE CHIRURGIE PRATIQUES DE MONTPELLIER, ETC.
DIRECTEUR DE L'INSTITUT ORTHOPÉDIQUE DE LYON

> La vérité se manifeste et s'établit par les jalons des découvertes successives plus que par l'argumentation ou même par les observations des sens.
>
> BACON, *Instauratio magna*.



PARIS

G. MASSON, ÉDITEUR

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE

MDCCCLXXV

INTRODUCTION

Les applications de l'air comprimé à l'art de l'ingénieur et à la thérapeutique ont attiré, dès l'origine, l'attention des hygiénistes et des médecins. D'une part, les accidents qui se sont produits chez un certain nombre de mineurs ou de plongeurs imprudemment soumis à de brusques changements de pression atmosphérique, de l'autre, les résultats remarquables obtenus dans le traitement de diverses affections par l'emploi des bains d'air condensé ont donné lieu à des travaux assez nombreux parmi lesquels je citerai ceux

de Junod, Tabarié, Charles Pravaz, Eugène Bertin, Pol et Watelle, François, Bucquoy, Foleÿ, Gal, en France, Lange, Sandahl, à l'étranger : mais les effets physiologiques proprement dits, que produit sur l'économie animale, surtout en ce qui concerne la nutrition, l'élévation de la pression atmosphérique, n'ont été encore qu'assez incomplétement examinés, et, à l'exception des recherches de MM. Hervier et Saint-Lager, de von Vivenot, et, en dernier lieu, de M. Paul Bert, les travaux entrepris sur l'air comprimé ont eu principalement pour but ses applications pratiques à l'industrie ou à la médecine.

Placé par des circonstances particulières dans des conditions favorables pour étudier cette intéressante question, j'ai cherché dans ce travail, à élucider, autant qu'il était en mon pouvoir, ce qui a trait aux effets physiologiques de l'air comprimé en ce qui concerne surtout son action sur le mouvement nutritif.

L'extrême complexité du sujet, la difficulté inhérente à toutes les recherches physiologiques de se placer toujours dans des conditions rigoureusement comparables exigeraient, pour arriver à la solution complète de tous les problèmes physiologiques que renferme une question aussi vaste, des expériences plus longues et plus multipliées que

celles auxquelles j'ai pu me livrer. Mais, tels qu'ils sont, les résultats que j'ai obtenus m'ont paru offrir quelque intérêt et pouvoir servir de jalon à des travaux plus étendus.

Après la description succincte de l'appareil qui m'a servi dans ces recherches, j'examinerai d'abord les modifications que l'augmentation de la pression atmosphérique imprime à la circulation et à la respiration considérées au point de vue mécanique, puis ses effets sur les trois phénomènes principaux de la nutrition, la sécrétion de l'urée, l'exhalation de l'acide carbonique et la calorification, et j'essaierai, en dernier lieu, de donner une théorie générale de l'action qu'elle exerce sur l'ensemble des fonctions organiques.



Fig. 1. — Appareil à air comprimé

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

SUR

LES EFFETS PHYSIOLOGIQUES

DE

L'AUGMENTATION

DE LA

PRESSION ATMOSPHÉRIQUE

I

DESCRIPTION DE L'APPAREIL

L'appareil que j'ai employé est l'appareil même que Charles Pravaz avait fait construire et qui lui a fourni les matériaux de son ouvrage sur l'*emploi médical de l'air comprimé*.

Il se compose (fig. 1) essentiellement d'un vaste récipient cylindrique R, en fer laminé, d'une capacité d'environ 9 mètres cubes et dont les deux bases sont formées par des calottes sphériques.

On entre dans ce récipient, où sept à huit personnes peuvent tenir à l'aise, par une ouverture quadrangulaire O, fermée de dedans en dehors par une porte P suspendue sur

deux gonds, au moyen de pentures brisées. Cette disposition permet aux bords de la porte, garnis d'une épaisse bande de caoutchouc vulcanisé, de s'appliquer hermétiquement aux bords de l'ouverture au moyen de deux fortes barres transversales BB serrées par des écrous à manivelles.

Des glaces épaisses en cristal GG, au nombre de huit, laissent pénétrer la lumière et sont encastrées dans des cylindres en fonte qui font une saillie de quelques centimètres en dehors de l'appareil sur lequel ils sont fixés solidement au moyen de boulons. On prévient, par cette disposition, la fracture des glaces qui pourrait être amenée par un changement d'inflexion dans la périphérie du récipient lorsque, sous l'influence de la pression intérieure de l'air, il tend à prendre une forme parfaitement circulaire pour acquérir son maximum de capacité.

L'appareil est complété par un manomètre à air libre M destiné à indiquer la pression intérieure et par deux soupapes dont l'une, S, remplit l'office de soupape de sûreté et empêche la pression de l'air de s'élever, en aucun cas, au-dessus d'une certaine limite et dont l'autre, S', sert à régler la pression et le renouvellement de l'air incessamment refoulé dans l'intérieur de la cloche par une pompe foulante mise en jeu par une machine à vapeur.

Dans la série d'expériences que j'ai entreprises, j'avais ajouté à ces dispositions un manomètre à air comprimé qui indiquait à chaque instant les plus minimes variations de la pression et me servait de l'intérieur à en contrôler la marche.

La manœuvre de l'appareil est très-simple. La soupape régulatrice S' étant fermée, on laisse arriver l'air refoulé

par la pompe jusqu'à ce que le manomètre M indique la pression que l'on ne veut pas dépasser. A ce moment, on ouvre cette soupape et on règle l'écoulement de l'air de manière qu'il n'en sorte qu'une quantité égale à celle qui entre dans la cloche, manœuvre à laquelle il est facile de donner la plus grande précision en observant les oscillations de la colonne mercurielle dans le manomètre. On entretient ainsi, dans l'intérieur de l'appareil, un courant d'air incessamment renouvelé et qui balaie l'acide carbonique produit, de telle sorte que la respiration s'opère dans des conditions normales au point de vue de la pureté de l'air inspiré.

Lorsqu'on veut n'arriver que très-lentement à la pression fixée, on se sert encore de la soupape régulatrice pour obtenir ce résultat. On l'ouvre alors dès le début, mais de telle sorte qu'il ne s'échappe qu'une quantité d'air inférieure à celle qui pénètre dans la cloche. La plus ou moins grande rapidité d'ascension de la colonne mercurielle dans le tube manométrique permet, dans ce cas encore, de régler l'écoulement de l'air avec la plus grande facilité.



II

INFLUENCE DE L'AIR COMPRIMÉ

SUR LA CIRCULATION

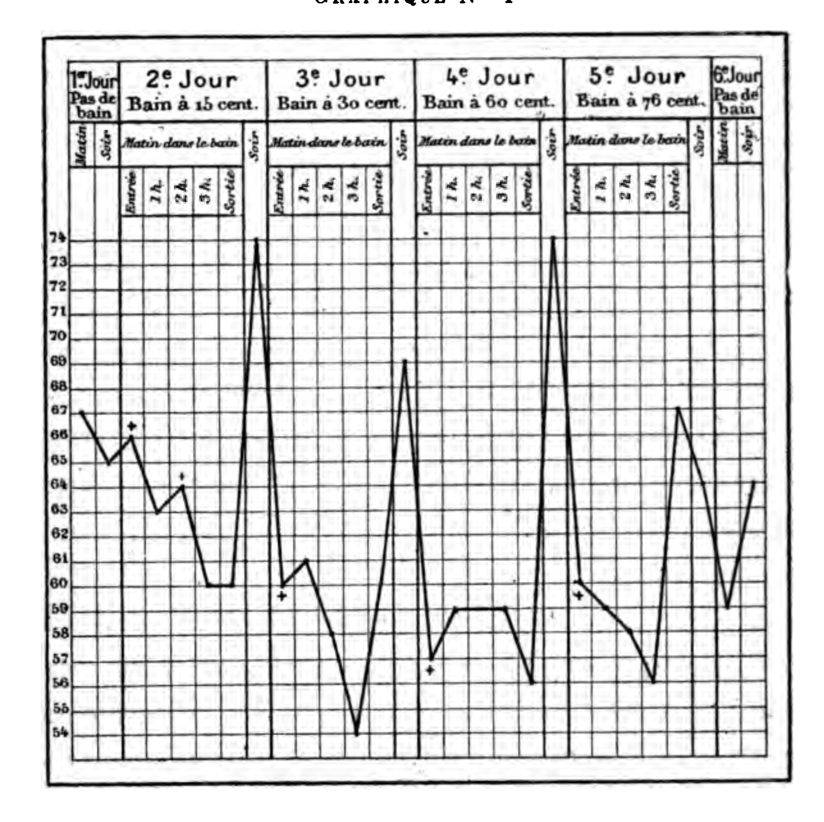
L'action que le séjour dans une atmosphère plus dense exerce sur la circulation diffère essentiellement dans les diverses parties de l'arbre circulatoire. Il est donc nécessaire d'examiner successivement les effets de l'air comprimé, d'abord sur le système artériel, puis sur les capillaires et le système veineux.

A. *Circulation artérielle.* — L'influence de l'augmentation de la pression atmosphérique sur la circulation artérielle a été diversement appréciée par les observateurs. Tandis que M. Junod, auquel revient le mérite d'avoir fait les premières recherches sur ce sujet, avait signalé l'accélération des battements du cœur, sous l'influence d'une pression plus forte, les observateurs qui l'ont suivi sont à

peu près unanimes pour admettre, au contraire, le ralentissement du pouls dans l'air comprimé, ralentissement d'autant plus marqué que le nombre des pulsations est plus élevé au moment de l'entrée dans l'appareil.

Dans le but d'examiner le fait d'aussi près que possible, j'ai fait sur moi-même des observations répétées sur le nombre des battements du cœur comparativement à l'air libre et sous différentes pressions[1].

Graphique N° 1



1 Dans ces expériences, la pression normale de l'atmosphère est comptée pour 0. Les pressions employées sont comptées en centimètres de mercure ou en fractions d'atmosphère à partir du 0° du manomètre à air libre.

Le graphique ci-contre indique le résultat d'une première série d'observations dans laquelle la durée du séjour dans l'air comprimé était de quatre heures consécutives par jour et la pression augmentait chaque jour par 1/5e d'atmosphère.

En réduisant en tableau le graphique précédent (tableau n° 1) on aperçoit nettement, sous l'influence de l'air comprimé, une diminution du nombre des battements du cœur qui s'accentue d'autant plus que le séjour de l'appareil se prolonge, et qui devient surtout très-prononcé dans la troisième heure.

TABLEAU N° 1

JOURS D'EXPÉRIENCES	PRESSIONS EMPLOYÉES CHAQUE JOUR PENDANT QUATRE HEURES.	MATIN DANS L'AIR COMPRIMÉ						SOIR A L'AIR LIBRE
		ENTRÉE	1 H. APRÈS	2 H. APRÈS	3 H. APRÈS	MOYENNES des battements du cœur par minute à chaque pression.	DÉCOMPRES.	
1er Jour. . .	15 cent.	36	63	64	60	63 25	60	74
2e Jour. . .	30 cent.	60	61	58	54	58 25	60	69
3e Jour . . .	60 cent.	57	59	59	59	58 50	56	74
4e Jour. . .	76 cent.	60	59	58	56	58 25	67	64
MOYENNES.		60 75	60 50	59 75	57 25	.	60 75	70 25

Une seconde expérience (tableau n° 2), faite en répétant deux jours de suite la même pression et en me bornant aux pressions le plus habituellement employées en thérapeutique, me donna le même résultat.

TABLEAU N° 2

JOURS D'EXPÉRIENCES	PRESSIONS EMPLOYÉES CHAQUE JOUR PENDANT QUATRE HEURES.	MATIN DANS L'AIR COMPRIMÉ						SOIR A L'AIR LIBRE
		ENTRÉE	1 H. APRÈS	2 H. APRÈS	3 H. APRÈS	MOYENNES des battements du cœur par minute à chaque pression.	DÉCOMPRES.	
1er Jour. . .	10 cent.	65	64 5	64	60 5	63 50	60 5	65 5
2e Jour. . .	10 cent.	65 5	65 5	66	64 5	63 375	72	72
3e Jour. . .	19 cent.	71	65 5	61 5	57	63 75	64	63 5
4e Jour. . .	19 cent.	64 5	61	59 5	61	61 50	63 5	61 5
5e Jour. . .	38 cent.	62 5	59 5	57	58	59 25	72	64 5
6e Jour. . .	38 cent.	64 5	61	58	58	60 375	58 5	67
MOYENNES. . . .		65 50	62 83	62 66	59 83		65 08	65 66

J'étais donc disposé à accepter comme un fait indiscutable le ralentissement absolu du pouls sous l'action de l'air comprimé, lorsqu'une nouvelle expérience vient modifier mon opinion.

Ayant remarqué que j'avais omis de noter, dans les expériences précédentes, le nombre des pulsations de l'artère immédiatement avant l'entrée dans l'appareil et que je n'avais ainsi aucun point de comparaison, je répétai, en prenant cette précaution, l'expérience numéro 1, et j'obtins le résultat consigné dans le tableau n° 3.

Dans cette expérience on remarque bien, comme plus haut, un ralentissement constant du pouls dans l'air comprimé à partir du moment de l'entrée dans l'appareil, mais le nombre des battements du cœur se trouve néanmoins

supérieur, à tous les moments de l'expérience, à ce qu'il était à l'air libre.

TABLEAU N° 3[1]

JOURS D'EXPÉRIENCES	PRESSIONS EMPLOYÉES CHAQUE JOUR PENDANT QUATRE HEURES.	MATIN							SOIR A L'AIR LIBRE
		AIR LIBRE AVANT D'ENTRER	DANS L'AIR COMPRIMÉ						
			ENTRÉE	1 H. APRÈS	2 H. APRÈS	3 H. APRÈS	MOYENNES des battements du cœur par minute à chaque pression.	DÉCOMPRES.	
1er Jour.	15 cent.	58 5	61	65 5	60 5	59	61 50	56 5	69
2e Jour.	30 cent.	55	60	56 5	54 5	56	56 75	56	65
3e Jour.	60 cent.	52 5	53 5	54 5	54 5	53	53 875	54 5	64
MOYENNES.		55 33	58 16	58 33	56 50	56		55 66	66

Comment expliquer des faits qui paraissent justifier à la fois les opinions de M. Junod et de ses contradicteurs?

Je crois qu'on peut en trouver la raison dans les modifications que subissent, dans l'air comprimé, la calorification et la tension artérielle.

Les recherches de M. Calliburcès[2] et de M. Cyon[3] sur l'influence que les modifications thermiques exercent sur l'activité du cœur ont démontré que l'élévation de la température détermine l'accélération du pouls.

[1] Voir également le graphique n° 4, p. 56.

[2] Calliburcès, De l'Influence de la chaleur sur l'activité du cœur *(Gazette hebdomadaire de médecine et de chirurgie*, 1867, p. 468).

[3] E. Cyon, De l'Influence des modifications thermiques sur le nombre, la durée et la force des battements du cœur *(Berichte über die Verhandlungen der K. Sächs. Gesellsch. d. Wissenschafften*, XVIII, 1866, 258).

D'un autre côté, on sait, d'après les travaux de M. Marey[1], que toute augmentation de la tension artérielle a pour résultat la diminution du nombre des pulsations cardiaques.

Or, d'une part, en examinant la marche de la température dans l'air comprimé, on remarque, ainsi qu'on le verra plus loin, que la production de la chaleur suit d'abord une marche ascendante *pendant la première heure qui suit l'entrée dans l'appareil*, pour baisser ensuite d'une manière constante.

D'autre part, les tracés sphygmographiques et les caractères du pouls, qui devient de plus en plus faible au toucher, indiquent une forte augmentation de la tension artérielle.

On est donc conduit rationnellement à penser que, chez les sujets soumis à l'action de l'air comprimé, ces deux influences opposées, *élévation de la température et augmentation de la tension artérielle,* entrent en lutte et que de la résultante de leur action dépend, à un moment donné, soit l'accélération, soit le ralentissement du pouls.

Dans les premiers moments qui suivent l'entrée du sujet dans l'appareil, l'augmentation de la température, produite par la suractivité des combustions organiques, sous l'influence d'un plus grand afflux d'oxygène, amène l'excitation du cœur qui, par l'énergie de son action, lutte avantageusement contre les résistances qu'il éprouve. Puis l'action de l'air comprimé se prolongeant, l'organe central de la circu-

[1] Marey, *Physiologie médicale de la circulation du sang.* Paris, 1863.

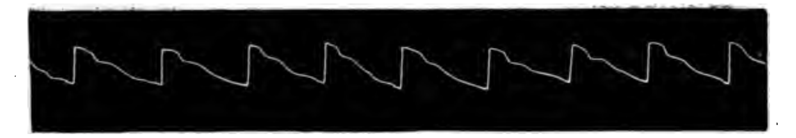
lation paraît se fatiguer en quelque sorte et ses battements se ralentissent.

Ce qui tend bien, du reste, à prouver que telle est la cause de ce ralentissement, c'est qu'il s'accentue de plus en plus à mesure que le séjour dans l'air comprimé se prolonge ou que la pression devient plus forte.

Un fait non moins remarquable, c'est que ce ralentissement, malgré une très-légère élévation du nombre des battements du cœur, qui se remarque quelquefois au *moment même* de la décompression, persiste encore, comme l'a déjà remarqué von Vivenot, pendant plusieurs heures après le retour à l'air libre, comme si l'organe central de la circulation avait besoin d'un certain temps pour recouvrer toute son énergie.

L'augmentation de la tension artérielle et par suite la résistance qu'éprouve l'ondée sanguine, fait sur lequel je m'appuie, avec von Vivenot, pour expliquer le ralentissement du pouls, sont, du reste, rendues bien évidentes par les tracés sphygmographiques ci-dessous, pris, le premier, à la pression normale de l'atmosphère ; les trois autres, aux pressions successivement croissantes de 19, 38 et 76 centimètres de mercure (1/4, 1/2 et une atmosphère) ; le dernier enfin, quelque temps après le retour à l'air libre.

N° I. — Pression normale



N° II. — Pression de 19 cent. (1/4 d'atmosphère)



N° III. — Pression de 38 cent. (1/2 atmosphère)



N° IV. — Pression de 76 cent. (atmosphère)



N° V. — Après la sortie de l'appareil



Tandis, en effet, que, dans le premier de ces tracés, pris avant l'entrée dans l'appareil, la ligne d'ascension est perpendiculaire, ce qui indique le libre développement de l'artère sous l'impulsion de l'ondée sanguine, il semble déjà, dans le tracé numéro 2, pris à une pression d'un quart d'atmosphère, que cette ligne devient légèrement oblique, caractère qui s'accentue de plus en plus dans les tracés

numéros 3 et 4 pris à des pressions d'une demie et d'une atmosphère.

En même temps que la ligne d'ascension devient plus oblique, sa hauteur diminue et ce fait est surtout évident dans le tracé numéro 4, où il semble que l'artère ait opposé une résistance considérable à l'action du cœur, fait, du reste, parfaitement en harmonie avec la petitesse du pouls, qui devient à peine perceptible.

On remarque, de plus, dans les tracés pris sous l'influence de l'air comprimé, l'existence, au sommet de la pulsation, d'un plateau d'autant plus marqué que la pression est plus forte, et qui démontre d'une manière bien évidente une lutte entre l'effort de l'ondée sanguine, qui tend à dilater l'artère, et la pression extérieure qui tend, au contraire, à limiter cette dilatation.

La ligne de descente n'offre pas des modifications moins remarquables. Si, dans le premier et le second tracé, on observe nettement les caractères du dicrotisme, dû à l'élasticité de l'artère, qui ne revient sur elle-même que par secousses, le dicrotisme devient à peine perceptible dans le numéro 3 et disparaît complétement dans le numéro 4, où la ligne de descente est parfaitement unie et ne présente aucune ondulation, par suite du brusque mouvement du retrait de l'artère.

Dans le tracé sphygmographique numéro 5, pris quelque temps après la sortie de l'appareil, on remarque bien nettement ce ralentissement et cette petitesse du pouls qui, ainsi que je l'ai dit plus haut, persistent encore quelques heures après le retour à l'air libre et qui indiquent que les bat-

tements du cœur mettent un certain temps à recouvrer leur force et leur rhythme normaux. Ici, la ligne d'ascension est droite, mais sa hauteur est encore très-faible, preuve manifeste de la moindre énergie du cœur.

En résumé, les tracés sphygmographiques pris dans l'air comprimé offrent une grande ressemblance avec ceux que fournissent les sujets avancés en âge ou atteints d'ossification des artères et chez lesquels l'élasticité des parois vasculaires devient beaucoup moindre. La raison en est facile à trouver. En effet, que l'obstacle à la dilatation du vaisseau soit produit par la perte de son élasticité propre ou par une force extérieure qui limite sa dilatation, le résultat est absolument identique, et c'est ainsi que l'augmentation de la pression atmosphérique, en agissant directement sur les artères, en surajoutant son effort à la résistance qu'elles offrent à l'ondée sanguine, produit le même effet que la diminution de l'élasticité des vaisseaux [1].

B. *Circulation capillaire et veineuse.* — Quoique l'observateur soit privé ici du secours d'un appareil qui puisse, comme le sphygmographe, traduire au dehors les variations du cours du sang et que l'absence de mouvements perceptibles par le toucher ne permette pas, comme pour le pouls, d'apprécier à chaque instant l'effort que l'ondée sanguine exerce sur les parois vasculaires, il est facile, néanmoins,

[1] Von Vivenot a démontré expérimentalement l'influence de l'augmentation de la pression atmosphérique sur la tension artérielle au moyen d'un appareil imitant le système circulatoire et assez semblable à celui de M. Marey. Il a pu obtenir ainsi des tracés sphygmographiques tout à fait analogues à ceux qu'on obtient sur le vivant dans les mêmes circonstances de pression.

d'apercevoir les modifications qui se produisent dans le calibre des vaisseaux capillaires et des veines chez les sujets plongés dans l'air comprimé.

A mesure que la pression atmosphérique s'élève, on voit distinctement les muqueuses pâlir, les capillaires les plus volumineux diminuer de diamètre et les plus fins disparaître. Ces phénomènes sont surtout très-marqués sur la conjonctive et le pavillon de l'oreille. Au moyen de l'ophtalmoscope on peut même, à l'exemple de von Vivenot, l'observer également sur les vaisseaux de la rétine et de l'iris soit chez l'homme, soit chez les animaux et en particulier le lapin albinos, dont les yeux se prêtent d'une façon très-favorable à cette observation.

On observe également des modifications analogues dans le système veineux superficiel dont les rameaux diminuent de calibre d'une manière très-marquée à mesure que la pression s'élève [1].

Le sang des capillaires et des veines, refoulé des parties périphériques, ne pouvant, d'un côté, s'écouler du côté des artères à cause de la *vis a tergo* et attiré, d'un autre côté, par l'aspiration qu'exerce le thorax dans l'inspiration, reflue alors dans les parties profondes du système veineux intra-thoracique et intra-abdominal, où les grosses veines, maintenues béantes par les aponévroses qui les entourent ou qu'elles traversent, échappent à l'action directe de la pression atmosphérique qui tend à les affaisser.

[1] Dans le scaphandre, malgré les bracelets en caoutchouc qui serrent fortement le poignet, la main est décolorée (Gal, *Des Dangers du travail dans l'air comprimé, etc.*, p. 23).

Ainsi, tandis que la circulation artérielle se trouve ralentie par l'augmentation de la pression atmosphérique qui, en réduisant le calibre des capillaires, s'ajoute à l'effort direct exercé sur les artères pour augmenter les résistances à l'action du cœur et diminuer la fréquence de ses battements, la circulation dans les veines et les capillaires se trouve au contraire favorisée, car le thorax, dans son mouvement d'expansion, fonctionne alors comme une pompe placée dans un milieu plus dense et dont la force d'aspiration deviendrait plus énergique [1].

[1] Les effets de l'air comprimé sur la circulation reçoivent également une explication *à contrariis* très-satisfaisante des phénomènes qui se produisent chez les sujets soumis à la raréfaction de l'air.

A mesure, en effet, que la pression diminue, on voit le pouls s'accélérer, la tension artérielle diminuer, en même temps que le dicrotisme s'accentue d'une manière très-marquée, comme l'a observé M. Lortet *, les veines devenir très-saillantes et les capillaires turgescents se rompre parfois, l'aspiration thoracique devenant moins énergique et l'effort du cœur n'étant plus contrebalancé par la pression atmosphérique.

* Lortet, Perturbations de la respiration, de la circulation et surtout de la calorification à de grandes hauteurs sur le mont Blanc (*Gazette hebdomadaire de médecine et de chirurgie*, 1869, p. 632).

III

INFLUENCE DE L'AIR COMPRIMÉ

SUR

LES PHÉNOMÈNES MÉCANIQUES DE LA RESPIRATION

La modification du rhythme est le phénomène qui se présente, dès l'abord, du côté des mouvements respiratoires, chez les sujets plongés dans l'air comprimé. La respiration se ralentit et ce ralentissement est un fait constant que je n'ai jamais vu manquer dans les nombreuses expériences que j'ai faites à ce sujet.

Pour avoir un point de comparaison qui permît d'observer simultanément les modifications du pouls et de la respiration, j'ai toujours eu soin de noter chaque jour et aux mêmes instants le nombre des pulsations de l'artère et des mouvements respiratoires par minute.

Le graphique ci-contre, dont le tracé répond aux mêmes jours et aux mêmes heures que celui du graphique numéro 1,

indique le nombre de respirations par minute et a des pressions croissant chaque jour par 1/5ᵉ d'atmosphère.

GRAPHIQUE N° 2

TABLEAU N° 4

JOURS d'expériences	PRESSIONS employées chaque jour pendant quatre heures.	MATIN DANS L'AIR COMPRIMÉ: ENTRÉE	1 H. APRÈS	2 H. APRÈS	3 H. APRÈS	MOYENNES des respirations par minute à chaque pression.	RAPPORT du nombre des respirations au pouls, dans l'air comprimé.	DÉCOMPRESSION	SOIR À L'AIR LIBRE
1ᵉʳ Jour.	15 cent.	12	11	11	11	11 25	1 : 5 6	15	14
2ᵉ Jour.	30 cent.	13	11	11	9	11	1 : 5 2	15	16
3ᵉ Jour.	60 cent.	11	11	11 5	11	11 125	1 : 5 2	17	16
4ᵉ Jour.	76 cent.	14	13 5	11	11	12 375	1 4 7	17	16 5
MOYENNES. . . .		12 5	11 625	11 125	10 5			16	15 625

En réduisant en tableau le graphique n° 2 (tableau n° 4), on remarque bien nettement que le nombre des respirations par minute diminue constamment et à chaque heure, à partir du moment où la pression s'élève dans l'appareil jusqu'au moment de la décompression, où le nombre des mouvements respiratoires augmente au contraire subitement.

Le tableau numéro 5, qui donne le résultat d'une expérience parallèle à celle du tableau numéro 2, montre également ce fait d'une manière bien évidente.

TABLEAU N° 5

JOURS D'EXPÉRIENCES	PRESSIONS EMPLOYÉES CHAQUE JOUR PENDANT QUATRE HEURES.	MATIN DANS L'AIR COMPRIMÉ							SOIR A L'AIR LIBRE
		ENTRÉE	1 H. APRÈS	2 H. APRÈS	3 H. APRÈS	MOYENNES des respirations par minute à chaque pression.	RAPPORT du nombre des respirations au pouls.	DÉCOMPRESSION.	
1er Jour.	10 cent.	10 5	9 5	10 5	11	11 937	1 : 5 3	17	17 5
2e Jour.	10 cent.	14 5	15	12 5	12			18 5	17 5
3e Jour.	19 cent.	16 5	11 5	12	12	12 312	1 : 5	20	15
4e Jour.	19 cent.	12	11 5	12	11			17	15
5e Jour.	38 cent.	13 5	12 5	11 5	11	12 375	1 : 4 8	16 5	16 5
6e Jour.	38 cent.	13 25	13	12 75	11 5			16	16 5
MOYENNES. . .		13 375	12 166	11 875	11 416			17 5	16 166

Comme, ainsi que pour le pouls, j'avais négligé, dans les deux expériences précédentes, de noter le nombre des respirations à l'air libre, avant l'entrée dans l'appareil, j'ai,

pour avoir un point de comparaison, répété l'expérience retracée dans le graphique numéro 2 et le tableau numéro 4 en prenant cette précaution.

Le tableau numéro 6 donne le résultat de cette dernière expérience.

TABLEAU N° 6

JOURS D'EXPÉRIENCES	PRESSIONS EMPLOYÉES CHAQUE JOUR PENDANT QUATRE HEURES.	MATIN							SOIR
		AIR LIBRE AVANT D'ENTRER	DANS L'AIR COMPRIMÉ						A L'AIR LIBRE
			ENTRÉE	1 H. APRÈS	2 H. APRÈS	3 H. APRÈS	MOYENNES des respirations par minute à chaque pression.	DÉCOMPRES.	
1er Jour.	15 cent.	13	13 5	11 5	11	11	11 75	16 5	18
2e Jour.	30 cent.	14 5	13 75	12 5	12 5	12 5	12 81	18	16 5
3e Jour.	60 cent.	13	14 5	12 75	13 25	12 25	13 18	21 5	17
MOYENNES. . . .		13 5	13 91	12 25	12 25	11 91		18 66	17 16

Ici encore, sauf une très-légère augmentation, indiquée par les moyennes, du nombre des respirations au moment où la pression s'établit sur le nombre des respirations avant l'entrée dans l'appareil, le résultat est conforme aux expériences précédentes.

En résumé, si l'on jette un coup d'œil d'ensemble sur les tableaux qui précèdent, on peut tirer de leur inspection les conclusions suivantes :

1° Le nombre des respirations dans l'air comprimé va toujours en diminuant à partir du moment de l'entrée dans

l'appareil jusqu'au moment de la décompression, où il se relève brusquement;

2° Le nombre moyen des mouvements respiratoires, à la fin de la période d'état, est toujours inférieur à la fois à celui des respirations au moment où la pression s'établit et à celui des respirations à l'air libre avant d'entrer dans l'appareil;

3° Contrairement à ce qui se passe pour le pouls, le ralentissement de la respiration n'augmente pas en raison de la pression. Le nombre des respirations par minute se relève au contraire à mesure que la pression devient plus forte;

4° Le ralentissement de la respiration est relativement plus grand que celui du pouls. Le rapport de la respiration au pouls, qui est, à l'état normal de 1 à 4, devient en moyenne de 1 à 5 dans l'air comprimé, mais tend à se rapprocher de nouveau de l'état normal à mesure que la pression augmente.

Si l'on cherche maintenant à se rendre compte des causes qui amènent la diminution de fréquence de la respiration, on voit qu'elles se ramènent à deux principales.

La première est la plus grande quantité d'oxygène dissous dans le sérum du sang, sous l'influence d'une pression plus forte. Les globules sanguins, se trouvant alors dans un milieu plus riche en oxygène, la combinaison de ce gaz avec l'hématoglobuline est rendue plus facile et le besoin de respirer devient moins impérieux.

La seconde est l'amplitude plus grande des mouvements respiratoires, amplitude qui ressort nettement des tracés

ci-dessous pris avec l'anapnographe de MM. Bergeon et Kastus, d'abord à la pression normale, puis à des pressions de 19, 38 et 76 centimètres de mercure.

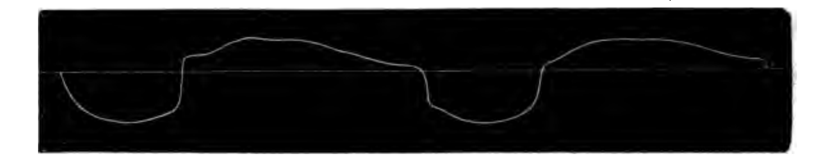
N° I. — Pression normale



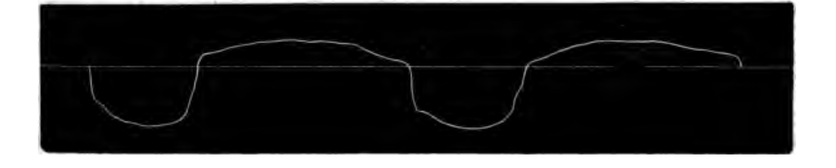
N° II. — Pression de 19 cent.



N° III. — Pression de 38 cent.



N° IV. — Pression de 76 cent.



En mesurant l'aire[1] de ces différents tracés, j'ai trouvé que l'étendue des mouvements respiratoires étant représentée par 1 à la pression normale, devenait successivement 1,06 à 19, 1,18 à 38 et 1,09 à 76 centimètres de mercure.

Dans une seconde série d'expériences ayant pour but d'étudier les modifications relatives de la capacité pulmonaire dans l'air comprimé seulement, j'ai trouvé qu'en représentant par 1 la capacité pulmonaire à 10 centimètres de mercure, cette capacité devenait successivement 1,08 à 19 centimètres, 1,36 à 38 et 1,25 à 57.

Il y a donc une augmentation réelle dans l'amplitude des mouvements respiratoires chez les sujets plongés dans l'air comprimé, amplitude qui croît jusqu'à une certaine pression, qu'on peut fixer à une demi-atmosphère, pour diminuer, si la pression devient plus forte.

[1] Pour comparer entre elles les différentes surfaces inscrites entre l'axe des abscisses et la ligne enveloppante, surfaces qui représentent, l'une, l'inférieure, l'inspiration, l'autre, la supérieure, l'expiration, on peut se servir du procédé de MM. Bergeon et Kastus qui emploient un papier quadrillé dont chaque carré, de 4 millimètres de côté, correspond à 1/16e de litre, mais ce procédé ne peut avoir une grande précision, la ligne enveloppante coupant ces différents carrés d'une manière très-inégale, de telle sorte que leur numération ne peut être qu'approximative.

Je me suis donc servi du procédé suivant. Employant pour toutes mes expériences un papier d'un poids uniforme, j'ai, après avoir pris ces tracés, découpé toute la partie de la bande de papier comprise entre l'axe des abscisses et la ligne enveloppante, et j'ai obtenu ainsi des surfaces représentant exactement un nombre fixe de respirations complètes. Il m'a suffi ensuite de peser avec une balance de précision ces différents tracés pour pouvoir les comparer d'une manière aussi exacte que possible.

Pour avoir un tracé type, représentant la moyenne de l'amplitude de la respiration à une pression donnée, je recueillais quatre tracés anapnographiques à chaque pression, puis prenant, sur ces quatre tracés et dans le milieu de la bande de papier, trois respirations complètes consécutives, je mesurais leur longueur totale sur l'axe des abscisses, je prenais la moyenne de ces quatre longueurs et conservais en définitive pour type le tracé qui m'avait fourni les trois respirations dont la longueur réunie se rapprochait le plus de cette moyenne.

A quelle cause faut-il attribuer cette augmentation de la capacité respiratoire?

Je crois, avec Charles Pravaz et von Vivenot, qu'elle tient au changement qui s'opère dans le mode de respiration [1].

[1] Indépendamment des modifications qui, sous l'influence de l'air comprimé, s'opèrent dans l'amplitude de la respiration et, par suite, dans la capacité pulmonaire, il faut signaler les changements qui se produisent dans la durée relative des deux temps de la respiration.

La durée relative de l'*expiration* est très-notablement augmentée dans l'air comprimé. En mesurant sur les tracés anapnographiques les longueurs qui représentent sur l'axe des abscisses les deux temps de la respiration, j'ai trouvé que la durée de l'inspiration étant représentées par 1, celle de l'expiration était de 1.57 à l'air libre, 1.99 à 19 centimètres de mercure, 1.87 à 38, 1.86 à 76 et retombait à 1.57 pendant la décompression.

Cette prolongation de la durée de l'expiration est due à la résistance de l'air, résistance qui se manifeste d'une manière bien évidente par la difficulté et même par l'impossibilité de sifler lorsque la pression atmosphérique dépasse une certaine limite.

La résistance qu'oppose l'air comprimé à l'expiration se traduit non-seulement par la plus grande longueur de la ligne qui la représente, mais encore par le peu de hauteur de la courbe au-dessus de l'axe des abscisses, tandis qu'au contraire pendant la décompression la courbe de l'expiration s'élève brusquement et beaucoup plus haut au-dessus de cet axe, comme on peut le constater par le tracé ci-dessous.

N° V. — Décompression



On éprouve, du reste, pendant la décompression une sensation particulière et caractéristique que je ne saurais comparer qu'à celle qu'on ressent quand, en chassant l'air d'un soufdet, ou ouvre brusquement la soupape latérale et que l'air, au lieu de s'échapper uniquement par la tuyère, trouvant subitement une moindre résistance, se précipite par cette nouvelle issue.

L'effort exercé par l'air comprimé pendant l'expiration, en maintenant la dilatation des vésicules pulmonaires, me paraît une des causes du développement permanent qu'acquièrent le poumon et consécutivement la cavité thoracique par le séjour répété dans une atmosphère plus dense.

Voici comment Charles Pravaz rend compte de ce fait :

« M. Magendie, en exposant le mécanisme de l'expansion et de la contraction alternative des organes de la respiration, a fait remarquer, le premier, que l'abaissement du diaphragme, dans le mouvement d'inspiration, ne limite pas son effet à agrandir le diamètre vertical de la poitrine, mais qu'il contribue encore, en soulevant le thorax en totalité, à augmenter les diamètres horizontaux de cette cage osseuse. MM. Beau et Maissiat ont expliqué, d'après les données anatomiques et par les principes de la mécanique, le soulèvement du thorax et l'agrandissement qui en résulte pour ses diamètres transversal et antéro-postérieur.

« Le mouvement ascensionnel des parois de la poitrine est, selon M. Magendie, en raison directe de la mobilité des côtes et de la résistance des viscères abdominaux ; or, l'accroissement de la pression atmosphérique ayant pour effet de comprimer l'abdomen [1], d'augmenter l'élasticité des gaz intestinaux, et, par suite, leur réaction contre l'effort du diaphragme, ce muscle rencontre un point d'appui plus solide et change le mode de respiration le plus ordinaire en obligeant les côtes et le sternum à prendre une plus grande part au mécanisme de cette fonction. A la vérité, la dilatation de la cavité thoracique dans le sens vertical se trouve ainsi diminuée ; mais cette réduction est plus que compensée par l'expansion de la poitrine suivant ses dia-

[1] Cette compression des parois de l'abdomen sur laquelle s'appuie le raisonnement de Charles Pravaz n'est pas une simple hypothèse. M. le docteur Foley * l'a constatée à chacune de ses descentes dans les tubes du pont d'Argenteuil et je l'ai observée également sur moi-même pendant mes nombreux séjours dans l'appareil.

* Foley, *Du Travail dans l'air comprimé*, p. 95.

mètres antéro-postérieur et latéral, et, loin d'être moindre, le volume d'air introduit par chaque inspiration se trouve augmenté. En effet, dans le mode de respiration qui a lieu principalement par le diaphragme, la capacité de la poitrine ne s'accroît que suivant le rapport simple des diamètres verticaux successifs mesurés latéralement, car la partie moyenne du diaphragme reste à peu près fixe ; tandis que, dans la respiration costo-sternale, l'agrandissement de cette cavité a lieu dans le rapport composé du produit des diamètres horizontaux primitifs au produit des mêmes diamètres dilatés[1]. »

Mais si la capacité respiratoire augmente chez les sujets plongés dans une atmosphère plus dense, cette augmentation, ainsi qu'on l'a vu plus haut, n'est pas indéfinie et ne croît pas proportionnellement à la pression. L'amplitude de la respiration diminue, au contraire, comme on peut le constater par les tracés anapnographiques, et les mouvements respiratoires redeviennent plus fréquents, comme le prouvent les tableaux ci-dessus, quand la pression s'élève au-dessus d'une certaine limite.

Le fait expérimental étant constant, quelle raison peut-on en donner ?

Je crois qu'il faut, avec Charles Pravaz, en chercher la cause dans l'augmentation de travail qu'ont à produire dans ce cas les muscles inspirateurs.

En considérant le mécanisme de l'inspiration, on remarque que, le poumon n'étant pas *anatomiquement* lié à la

[1] Charles Pravaz, *Essai sur l'emploi médical de l'air comprimé*. Lyon, 1850, p. 12 et 13.

paroi interne du thorax, son ampliation ne suit pas *nécessairement* le développement de la cage osseuse qui l'enveloppe. Si l'on supposait, en effet, un sujet placé dans une atmosphère de plus en plus raréfiée, il pourrait arriver un moment où, le thorax se soulevant encore, et cela, *théoriquement*, d'autant plus facilement qu'il aurait à soutenir l'effort d'une colonne d'air de moindre poids, le poumon ne suivrait pas son ampliation, la pression atmosphérique interne n'étant plus suffisante pour vaincre la résistance des vésicules pulmonaires, le *renixus bronchiarum* de Haller.

Dans l'acte de l'inspiration, la pression atmosphérique interne qui agit sur le poumon pour contrebalancer la pression externe qui presse sur la cage thoracique est donc employée à vaincre d'abord la réaction du tissu pulmonaire. Il y a donc ainsi, lors de la mise en train et à chaque moment de l'inspiration, un instant infiniment court où les deux pressions interne et externe ne se font pas équilibre, la première étant constante et agissant *immédiatement* sur le thorax, tandis que la seconde n'agit que *successivement*, et où les muscles inspirateurs ont à lutter contre l'effort qui tend à affaisser le thorax.

On comprend donc que, si l'on vient à élever la pression atmosphérique, les muscles inspirateurs auront à déployer une force plus grande pour soulever le thorax, l'établissement de l'équilibre entre les deux pressions interne et externe n'étant pas, comme je l'ai dit plus haut, *instantané*, quoiqu'il faille admettre cependant que cette équilibration est rendue plus prompte par l'augmentation de la tension de

l'air qui doit triompher plus rapidement de la réaction du poumon.

Tant que l'augmentation de la pression atmosphérique ne dépasse pas une certaine limite nécessairement variable suivant la vigueur musculaire du sujet et que, dans mon cas particulier, j'ai trouvé comprise entre 1/2 et 3/4 d'atmosphère, les muscles inspirateurs triomphent facilement de cet excès de pression et l'ampliation de la poitrine devient plus grande, par suite du changement qui se produit dans le mode respiratoire; mais, si la pression devient trop forte, les muscles inspirateurs se fatiguent et l'on voit l'ampliation du thorax diminuer et corrélativement les inspirations redevenir plus fréquentes[1].

[1] Quoique l'objet de ce travail soit l'étude des effets physiologiques de l'augmentation de la pression atmosphérique, il n'est peut-être pas hors de propos de faire ressortir ici les applications pratiques auxquelles peut donner lieu l'air comprimé au point de vue médical.

L'amplitude qu'acquièrent les mouvements respiratoires sous l'influence d'un séjour dans une atmosphère plus dense peut, au bout d'un certain temps, augmenter considérablement et d'une manière permanente la capacité du thorax. Ce fait, qui avait été dès longtemps signalé par Charles Pravaz et que von Vivenot * a vérifié sur lui-même indique les avantages que l'on peut retirer du bain d'air comprimé dans le traitement des angusties de la poitrine qui tiennent au rachitisme et donnent lieu à la déformation désignée sous le nom de *chicken-breast*, à cause de la forme carénée qu'affecte cette cage osseuse.

Pour acquérir son maximun de capacité, le thorax devant se rapprocher de la forme cylindrique, il est clair qu'un moyen qui augmente son ampliation doit, en agissant mécaniquement, tendre par cela même à rétablir sa forme altérée, et c'est ce que l'expérience clinique a démontré.

Il en est de même dans les déformations de la poitrine qui succèdent aux épanchements pleurétiques ou aux déviations pathologiques du rachis et contre lesquelles Charles Pravaz a, le premier, utilisé l'air comprimé.

Mais si l'augmentation de la pression atmosphérique favorise l'ampliation du thorax, les faits que j'ai signalés plus haut démontrent qu'il ne convient pas de dépasser

* Von Vivenot, en expérimentant sur lui-même, a vu, après trois mois et demi, sous l'influence du bain d'air comprimé, l'amplitude de sa poitrine augmenter d'une manière permanente de 743 cent. cubes ou de 24 pour 100 (De l'influence que l'air comprimé et l'air raréfié exercent sur les phénomènes mécaniques et chimiques de la respiration (*Gazette hebdomadaire de médecine et de chirurgie*. 1865, p. 606).

En résumé, si l'on considère l'influence de l'air comprimé sur les phénomènes mécaniques de la respiration, on peut établir la proposition suivante :

L'ampliation du thorax augmente, et, consécutivement, la fréquence de la respiration diminue dans l'air comprimé, jusqu'à une certaine limite, variable suivant la vigueur individuelle des muscles inspirateurs, limite au delà de laquelle l'amplitude de la respiration diminue, tandis que, au contraire, sa fréquence augmente de nouveau.

une certaine pression, variable suivant les individus et au delà de laquelle l'ampliation du thorax tend à diminuer de nouveau. Ce fait est d'autant plus important à connaître que, chez les sujets où l'on peut avoir à employer le bain d'air comprimé, la force musculaire étant généralement assez faible, il faut nécessairement n'augmenter la pression que dans d'assez étroites limites, si l'on ne veut s'exposer à dépasser le but que l'on se propose d'atteindre.

IV

INFLUENCE DE L'AIR COMPRIMÉ

SUR LA NUTRITION

Trois phénomènes capitaux traduisent au dehors l'activité des actes nutritifs : la production de l'urée, l'exhalation de l'acide carbonique et la calorification.

Je vais donc passer en revue, dans le même ordre, les modifications que j'ai observées sous ce triple rapport, sous l'influence de l'air comprimé.

PRODUCTION DE L'URÉE

La quantité d'urée produite est le critérium le plus sûr de l'intensité des phénomènes de désassimilation. Il est facile, en effet, de recueillir l'urine sécrétée en un temps donné, et, par sa plus ou moins grande richesse en urée, de suivre d'une manière sûre la marche de la consommation des matières azotées. Aussi ai-je plus particulièrement dirigé

mes recherches sur l'élimination de l'azote et multiplié mes expériences pour arriver, s'il est possible, à la détermination d'une loi physiologique.

Pour apprécier l'influence de l'augmentation de la pression atmosphérique sur la production de l'urée, ma première idée fut de doser l'urée contenue dans l'urine sécrétée en vingt-quatre heures et recueillie, d'abord, dans les conditions ordinaires de la vie, puis, par comparaison, après m'être soumis pendant plusieurs jours de suite, et pendant quatre heures chaque jour, à un séjour dans l'air comprimé à différentes pressions.

Le tableau suivant indique la quantité d'urée sécrétée journellement dans cette première expérience.

TABLEAU N° 7

JOURS D'EXPÉRIENCES	PRESSIONS EMPLOYÉES PENDANT 4 H.	QUANTITÉ D'URINE EN 24 H.	QUANTITÉ D'URÉE EN 24 H.	MOYENNES
1er Jour.......	Normale	1,989 gr. 60	27 gr. 4862	29 gr. 6450
2e Jour.......	Normale	2,057 gr. 20	31 gr. 8039	
3e Jour.......	10 centim.	2,107 gr. 90	30 gr 5397	28 gr. 4448
4e Jour.......	25 centim.	2,599 gr. 90	29 gr. 7798	
5e Jour.......	50 centim.	2,563 gr. 60	25 gr. 9994	
6e Jour.......	76 centim.	2,304 gr. 80	27 gr. 4604	

Le résultat de cette expérience, dans laquelle le minimum d'urée produite correspondait précisément aux jours

[1] Pour le dosage de l'urée, j'ai employé, dans les trois premières séries d'expériences, le procédé de Millon (azotite de mercure), et, dans les deux dernières, celui de M. Yvon (hypobromite de soude).

où je m'étais soumis à l'action de l'air comprimé, trompa toutes mes prévisions, car il se trouvait en complète opposition avec les idées théoriquement admises. En présence de l'augmentation souvent extrême de l'appétit qui a été signalée par tous les observateurs, soit chez les sujets soumis à un traitement aérothérapique, soit chez les ouvriers employés aux travaux de forage dans les caissons à air comprimé, il était rationnel de conclure que la désassimilation était plus active dans des milieux où l'oxygène se trouve en quantité plus grande sous le même volume. Aussi, pensant que l'alimentation pouvait avoir exercé une certaine influence sur la quantité d'urée produite, je répétai l'expérience en me soumettant à un régime exactement dosé et rigoureusement suivi pendant six jours [1].

Voici quel en fut le résultat.

TABLEAU N° 8

JOURS D'EXPÉRIENCES	PRESSIONS EMPLOYÉES PENDANT 4 H.	QUANTITÉ D'URINE EN 24 H.	QUANTITÉ D'URÉE EN 24 H.	MOYENNES	
1er Jour.	Normale	2,158 gr.	26 gr. 1895		29 gr. 1685
2e Jour	15 centim.	1,673 gr. 30	30 gr. 6319	31 gr. 4947	
3e Jour	30 centim.	1,814 gr.	32 gr. 5274		
4e Jour	60 centim.	1,688 gr. 30	32 gr. 1152		
5e Jour	76 centim.	1,576 gr.	30 gr. 7043		
6e Jour	Normale	1,560 gr.	32 gr. 1475		

[1] Ce régime était ainsi composé par jour :

Pain.	300 grammes.
Viande froide dégraissée.	250 —
Fromage sec.	50 —
Vin.	1 litre.

Ici, l'expérience se traduisait par une augmentation de la quantité d'urée en faveur des jours où j'avais séjourné dans l'appareil, et cette différence surpassait notablement la différence en sens contraire que j'avais constatée précédemment.

Je croyais donc être arrivé à un résultat concluant, lorsqu'une nouvelle expérience vint pour moi tout remettre en question.

Désireux d'observer, d'une part, l'influence qu'aurait sur la nutrition l'action de l'air comprimé pendant un plus grand nombre de jours, et, de l'autre, si la même pression répétée consécutivement donnerait lieu à la production d'une même quantité d'urée, et, par conséquent, s'il était possible d'établir un rapport constant entre la pression et la consommation de l'azote, j'avais institué l'expérience suivante.

Adoptant, comme précédemment, un régime alimentaire fixe [1], je m'étais soumis à un séjour de quatre heures par jour dans l'air comprimé, en ayant soin de maintenir pendant deux jours de suite la même pression et doublant la pression à chaque changement.

[1] Ce régime était ainsi composé par jour :

Pain.	250 grammes.
Viande froide dégraissée.	150 —
Fromage sec.	50 —
Sel.	4 —
Vin.	1 litre.
Eau.	1 —

Le résultat de cette expérience fut le suivant :

TABLEAU N° 9

JOURS D'EXPÉRIENCES	PRESSIONS EMPLOYÉES PENDANT 4 H.	QUANTITÉ D'URINE EN 24 H.	QUANTITÉ D'URÉE EN 24 H.	MOYENNES
1er Jour	Normale	2,172 gr. 70	27 gr. 2567	27 gr. 2401
2e Jour	Normale	2,118 gr. 25	27 gr. 2236	
3e Jour	10 centim.	1,161 gr. 85	25 gr. 2103	26 gr. 2224
4e Jour	10 centim.	1,807 gr. 80	27 gr. 6093	
5e Jour	19 centim.	1,557 gr. 60	26 gr. 6067	
6e Jour	19 centim.	1,553 gr. 55	26 gr. 3743	
7e Jour	38 centim.	1,796 gr. 90	25 gr. 9420	
8e Jour	38 centim.	1,714 gr. 90	24 gr. 9920	

Dans cette expérience, comme dans l'expérience représentée dans le tableau n° 7, non-seulement la moindre quantité d'urée produite correspondait encore aux jours où je m'étais soumis à l'influence de l'air comprimé, mais encore la production de l'urée diminuait à mesure que la pression devenait plus forte[1].

Pensant alors que l'exercice, nécessairement variable d'un jour à l'autre et donnant lieu, indépendamment de l'influence de la pression, à des changements dans la production de l'urée, pouvait introduire dans le problême une inconnue qu'on ne pouvait déterminer, je résolus de faire une quatrième expérience, dans laquelle les conditions de

[1] On pourrait objecter que, la quantité d'aliments azotés qui entrait dans le régime ayant varié d'une expérience à l'autre, cette circonstance est la cause des résultats divergents obtenus, mais il suffit, pour répondre à cette objection, de remarquer que, le régime alimentaire ayant été identique dans le cours d'une même expérience, la plus ou moins grande quantité d'aliments azotés absorbés n'a pu avoir d'influence que sur la quantité *absolue* d'urée produite, mais non sur la quantité *relative*.

régime et d'exercice seraient fixées aussi rigoureusement que possible. Je me soumis donc encore une fois à un régime alimentaire uniforme et strictement dosé[1] et ne recueillis que l'urine sécrétée pendant *trois heures et à jeun*, d'une part à l'air libre, et, d'autre part, à différentes pressions, en ayant soin d'observer des conditions de repos autant que possible identiques.

Les quantités d'urée sécrétées dans ces circonstances furent les suivantes :

TABLEAU N° 10

JOURS D'EXPÉRIENCES	PRESSIONS EMPLOYÉES	QUANTITÉ D'URINE EN 3 H.	QUANTITÉ D'URÉE EN 3 H.	MOYENNES	
1er Jour.	Normale.	121 gr. 20	3 gr. 0075	. . .	
2e Jour.	10 centim.	137 gr. 20	3 gr. 1933		
3e Jour.	19 centim.	160 gr. 70	3 gr. 6990		
4e Jour.	38 centim.	124 gr, 30	3 gr. 5685	3 gr. 4965	3 gr. 2019
5e Jour.	57 centim	107 gr. 70	3 gr. 2711		
6e Jour.	76 centim.	141 gr. 30	3 gr. 7507		
7e Jour.	Normale	117 gr. 30	3 gr. 5963	. . .	

Toutes les causes d'erreur ayant été écartées dans cette expérience aussi rigoureusement que possible, il ne peut y

1

Pain.	250 grammes.
Viande froide dégraissée.	200 —
Fromage sec.	100 —
Sel.	5 —
Vin.	75 centilitres.
Eau.	1 litre et demi.

avoir de doute sur l'augmentation qu'éprouve réellement l'urée sous l'influence d'une atmosphère plus dense.

Désireux néanmoins d'avoir de ce fait une plus complète certitude et d'étudier en même temps la courbe de la sécrétion de l'urée pendant un séjour de quelque durée dans l'air comprimé, j'instituai en dernier lieu l'expérience suivante.

Je recueillis le même jour et à jeun[1], d'abord l'urine sécrétée pendant une heure à l'air libre, puis immédiatement après, et heure par heure, l'urine sécrétée sous l'influence de l'air comprimé, durant un séjour de trois heures dans l'appareil, et enfin l'urine produite pendant l'heure qui suivait ma sortie de la cloche.

Le tableau n° 11 indique le résultat que j'obtins.

De cette dernière expérience, comme de la précédente, résulte la preuve évidente de l'augmentation *absolue* de l'urée sous l'influence de l'air comprimé.

Mais, à côté de ce fait, on en observe un autre très-remarquable, c'est la diminution *relative* de la production de l'urée à mesure que le séjour dans l'air comprimé se prolonge ou lorsque la pression s'élève au-dessus d'une certaine limite.

Si l'on jette, en effet, un coup d'œil sur le tableau n° 11, on voit bien nettement que la production de l'urée

[1] L'expérience se faisant tout entière le matin à jeun et ayant surtout pour but d'étudier les variations de l'urée pendant des heures consécutives, je n'ai pas cru nécessaire de me soumettre à un régime alimentaire particulier dans cette expérience, qui acquiert ainsi une valeur spéciale, en montrant que, malgré une alimentation nécessairement variable, l'urée a toujours été sécrétée en quantité plus considérable sous l'influence de l'air comprimé.

TABLEAU N° 11

JOURS D'EXPÉRIENCES	PRESSIONS EMPLOYÉES PENDANT TROIS HEURES.	Urée produite pendant une heure immédiatement avant l'entrée dans l'appareil.	Urée produite pendant la première heure de séjour dans l'air comprimé	Urée produite pendant la 2e heure de séjour dans l'air comprimé	Urée produite pendant la 3e heure de séjour dans l'air comprimé	Urée sécrétée pendant une heure immédiatement après le retour à l'air libre.	Rapport de la quantité d'urée produite pendant l'heure qui précède l'entrée dans l'appareil à la quantité moyenne d'urée produite par heure dans l'air comprimé et à la quantité d'urée produite pendant l'heure qui suit la sortie.
1er Jour.	10 centim.	0 gr. 8804	1 gr. 0502	1 gr. 0449	1 gr. 0413	0 gr. 6886	1 : 1 18 : 0 78
2e Jour.	38 centim.	0 gr. 8884	0 gr. 9744	0 gr. 9895	0 gr. 8301	0 gr. 6293	1 : 1 04 : 0 70
3e Jour.	76 centim.	1 gr. 0790	1 gr. 2029	1 gr. 1609	1 gr. 2376	0 gr. 8355	1 : 1 11 : 0 77
MOYENNES.		0 gr. 9492	1 gr. 0758	1 gr. 0651	1 gr. 0363	0 gr. 7178	

augmente immédiatement dès la première heure de séjour dans l'air comprimé, puis que cette production diminue pendant les heures suivantes, tout en se maintenant cependant, d'une manière générale, supérieure à ce qu'elle était à l'air libre[1], pour éprouver dans l'heure qui suit la sortie une chute brusque, qui explique, comme je le montrerai plus loin, les divergences que je rencontrais lorsque, pour me rendre compte de l'influence de l'augmentation de la pression de l'air sur la consommation de l'azote, j'agissais sur la totalité de l'urine sécrétée en vingt-quatre heures.

D'autre part, en examinant la dernière colonne du même tableau, on remarque également que l'augmentation de la quantité d'urée produite sous l'influence de l'air comprimé n'est pas en rapport avec la pression, cette augmentation étant moindre aux pressions élevées qu'aux pressions faibles[2].

[1] La diminution de l'urée sous l'influence de l'élévation de la pression au-dessus d'une certaine limite, qui n'est que *relative* quand on ne dépasse pas une atmosphère, car la quantité d'urée sécrétée se maintient en général au-dessus de ce qu'elle est dans le même temps à l'air libre, devient *absolue* et très-considérable, ainsi que l'a observé M. Bert* sur les animaux, lorsque l'on vient à élever la pression à plusieurs atmosphères.

[2] L'action que l'augmentation de la pression atmosphérique exerce sur la nutrition explique les résultats avantageux que la thérapeutique en a retirés dans le traitement de certaines *dyscrasies* qui s'accompagnent d'une perturbation des actes nutritifs, telles que la chlorose et les affections strumeuses.

D'une part, en excitant l'activité de la désassimilation par l'impulsion qu'il imprime aux combustions organiques, d'autre part, en favorisant, par le réveil de l'appétit, le travail d'assimilation, l'air comprimé constitue un mode d'entraînement dont les effets se rapprochent en beaucoup de points de ceux de la gymnastique et qui offre l'avantage de n'exiger de sujets débiles aucun effort musculaire pouvant entraîner une fatigue au-dessus de leurs forces, et de s'appliquer, en outre, à des cas où tout exercice est absolument impossible.

Je suis également porté à penser, d'après quelques observations, que l'air comprimé pourrait être également employé avec avantage pour exciter l'activité des combustions

* Paul Bert. — *Recherches expérimentales sur l'influence que les modifications dans la pression barométrique exercent sur les phénomènes de la vie.* Paris, 1874, p. 153.

Ce serait peut-être ici le lieu de chercher la raison des faits qui paraissent contradictoires, mais, pour éviter des répétitions inutiles, je différerai d'en donner une théorie jusqu'à ce que j'aie exposé les modifications que subissent, sous l'influence de l'air comprimé, l'exhalation de l'acide carbonique et la calorification, phénomènse de nutrition intimement liés à la production de l'urée.

EXHALATION DE L'ACIDE CARBONIQUE

S'il est facile de suivre, en quelque sorte, pas à pas, la marche de la consommation de l'azote dans l'organisme, en recueillant l'urine sécrétée dans un temps donné, il est beaucoup moins aisé de se rendre compte de la consommation du carbone éliminé sous forme d'acide carbonique. Il faudrait, en effet, pour arriver à un résultat précis, pouvoir également recueillir la totalité de l'acide carbonique exhalé en un temps donné, condition réalisée dans les belles expériences de MM. Regnault et Reiset, mais qui ne pourraient se réaliser pour l'homme et surtout dans des milieux

organiques dans le cas où l'oxydation des matériaux azotés est incomplète, et, en particulier, dans la diathèse goutteuse.

Mais, si l'augmentation de la pression atmosphérique peut rendre de réels services pour combattre certains vices de la nutrition en activant les transmutations qui la constituent, les faits que j'ai rapportés ci-dessus me paraissent indiquer que les pressions employées doivent être assez faibles, et la durée du séjour dans l'air comprimé assez courte, l'énergie des combustions diminuant notablement quand on exagère la pression de l'air ou quand le séjour dans l'appareil se prolonge.

de densités variées qu'au moyen d'appareils d'une construction très-délicate et très-dispendieuse.

Mais, à défaut d'une évaluation rigoureuse de la quantité d'acide carbonique exhalée pendant une période de temps déterminée, la connaissance de la proportion de ce gaz contenu dans un volume fixe d'air expiré peut, si l'on tient compte, d'autre part, de la fréquence et de l'amplitude des mouvements respiratoires, fournir d'utiles renseignements sur l'énergie des combustions organiques. quoiqu'il ne faille lui donner qu'une valeur relative et permettre, jusqu'à un certain point, d'en étudier la marche chez les sujets soumis à l'action de l'air comprimé.

Dans le but d'examiner comparativement la consommation de l'azote et du carbone sous l'influence de l'élévation de la pression atmosphérique, les expériences que j'ai entreprises sur les gaz de la respiration ont été faites dans les mêmes circonstances de pression et d'alimentation et aux mêmes jours que celles qui portaient sur la production de l'urée.

L'acide carbonique était recueilli le matin dans la cloche après un séjour de deux heures, et un second dosage était fait par comparaison dans la soirée et à l'air libre[1].

Dans la première série d'expériences, qui correspond au

[1] Pour recueillir et doser l'acide carbonique expiré, je me suis servi de l'appareil décrit ci-après (fig. 2 et 3) :

V est un flacon de 4 litres environ de capacité servant de gazomètre et gradué par litres, le trait inférieur marqué O étant situé un peu au-dessus du robinet R, placé à la partie inférieure.

Trois tubulures donnent passage : la première, à un tube coudé T, qui communique avec l'éprouvette à dessécher E remplie de ponce sulfurique, et avec le tube en caoutchouc P, adducteur de l'air expiré ; la seconde, à la douille d'un entonnoir à robinet D ; la troisième, à un tube droit T′ plongeant jusqu'au dessous de l'orifice du robinet R. Les tubes sont choisis d'une section au moins égale à celle de la trachée, pour que

tableau n° 7, rien ne fut changé au régime alimentaire. Cette expérience donna le résultat consigné tableau n° 12.

TABLEAU N° 12

JOURS D'EXPÉRIENCES	MATIN		SOIR	
	PRESSIONS	CO^2 contenu dans trois litres d'air expiré à 0°.	PRESSIONS	CO^2 contenu dans trois litres d'air expiré à 0°.
1er Jour.	Air libre	0 gr. 1973	Air libre	0 gr. 1985
2e Jour.	Air libre	0 gr. 1686	—	0 gr. 1854
3e Jour.	10 centim.	0 gr. 1918	—	0 gr. 1902
4e Jour.	25 centim.	0 gr. 1884	—	0 gr. 1729
5e Jour.	50 centim.	0 gr. 1838	—	0 gr. 1898
6e Jour.	76 centim.	0 gr. 1850	—	0 gr. 1641

la respiration s'exécute sans aucun effort et qu'aucune pression ne soit exercée sur la surface interne du poumon.



FIG. 2

Pour faire fonctionner l'appareil, on procède de la manière suivante :

Le vase V étant vide et le tube T' débouché, on respire pendant *un quart d'heure*

Ce résultat m'ayant laissé quelques doutes, car si la quantité d'acide carbonique exhalé sous l'influence de l'air comprimé surpassait la quantité de ce gaz exhalé à l'air libre, cet excédant était extrêmement faible et pouvait tenir aux hasards de l'expérience, j'en fis une seconde aux mêmes jours et dans les mêmes conditions que celle du tableau numéro 8 concernant l'urée, c'est-à-dire en me soumettant à un régime alimentaire exactement dosé.

par le tube B garni d'une embouchure M munie de deux soupapes, l'une s'ouvrant de dehors en dedans pour donner accès à l'air inspiré, l'autre de dedans en dehors pour livrer passage à l'air expiré. Les gaz de la respiration arrivent refroidis et desséchés par la ponce sulfurique dans la partie supérieure du vase V et déplacent l'air qu'il



Fig. 3.

contient en le refoulant de haut en bas et en le forçant à s'échapper par le tube T'. En admettant une moyenne de treize respirations par minute et d'une amplitude d'un

Le tableau n° 13 indique les quantités d'acide carbonique exhalé que je trouvai dans ce deuxième essai.

TABLEAU N° 13

JOURS D'EXPÉRIENCES	MATIN		SOIR	
	PRESSIONS	CO^2 contenu dans trois litres d'air expiré à 0°.	PRESSIONS	CO^2 contenu dans trois litres d'air expiré à 0°.
1er Jour.	Air libre	0 gr. 1852	Air libre	0 gr. 1759
2e Jour.	15 centim.	0 gr. 2039	—	0 gr. 1783
3e Jour.	30 centim.	0 gr. 1984	—	0 gr. 1536
4e Jour.	60 centim.	0 gr. 1854	—	0 gr. 1669
5e Jour.	76 centim.	0 gr. 1841	—	0 gr. 1808
6e Jour.	Air libre	0 gr. 1638	—	0 gr. 1683

demi-litre seulement, près de 100 litres d'air expiré traversent en un quart d'heure le vase V, quantité suffisante pour chasser tout l'air qu'il contient.

Après avoir respiré pendant le temps fixé, on détache de l'appareil l'éprouvette E, on bouche les tubes T et T′ et on laisse refroidir l'appareil.

Pour doser enfin l'acide carbonique contenu dans le vase V, les tubes T et T′ étant fermés, on ouvre légèrement le robinet de l'entonnoir D rempli d'huile de lin, et on en laisse couler une certaine quantité, précaution qui a pour but de produire à l'intérieur du vase V un excès de pression qui s'oppose à l'entrée de l'air extérieur qui pourrait se produire, par suite du refroidissement du récipient, au moment où ce récipient est mis en communication avec l'appareil destiné à absorber l'acide carbonique.

Cet excès de pression étant produit dans le vase V, on débouche les tubes T et T′ et on laisse couler de l'huile jusqu'à ce qu'elle atteigne le niveau du trait 0°. A ce moment on bouche le tube T′ on met le tube T en communication avec l'appareil à boule de Liebig AU, taré d'avance, et on dirige le reste de l'opération comme pour une analyse organique, en ayant soin de modérer l'écoulement de l'huile, pour que l'absorption de l'acide carbonique s'opère d'une manière complète dans l'appareil à potasse. Lorsque le niveau de l'huile atteint la division n° 3, on ferme le robinet de l'entonnoir, on détache l'appareil à potasse, on le pèse, et l'excédant du poids trouvé sur la tare indique le poids de l'acide carbonique contenu dans trois litres d'air expiré à la température ambiante.

Il ne reste plus, pour rendre les observations suffisamment comparables entre elles, qu'à ramener à 0° le volume représentant trois litres d'air expiré à la température ambiante, puis, par un simple calcul de proportion, d'évaluer ce que contiendrait d'acide carbonique un volume de trois litres d'air expiré dans les mêmes circonstances de pression à la température de 0°.



L'augmentation de la quantité d'acide carbonique, dans *un volume donné d'air expiré*, lorsqu'on se maintient dans des pressions relativement faibles, est un fait dont la démonstration résulte d'une manière bien évidente de l'examen du tableau précédent, mais peut-on légitimement conclure de là à une augmentation de la quantité d'acide carbonique *exhalé en un temps donné*, c'est-à-dire à une plus grande consommation de carbone sous l'influence de l'air comprimé ?

La plupart des expérimentateurs ne paraissent pas avoir songé à faire cette importante distinction et ont généralement admis l'augmentation de la consommation du carbone dans une atmosphère plus dense.

Comme le nombre et l'amplitude des respirations varient dans l'air comprimé, la question, comme je l'ai dit plus haut, ne pourrait se trancher d'une manière absolue que par des expériences directes, dans lesquelles serait recueillie la totalité de l'acide carbonique produit pendant un espace de temps déterminé, mais il me semble néanmoins qu'on peut admettre rationnellement cette augmentation en se fondant sur deux arguments qui me paraissent très-forts.

En premier lieu, si le nombre des respirations est moins grand dans l'air comprimé qu'à l'air libre, cette diminution de fréquence est largement compensée par le plus grand développement que prend alors le poumon dans l'inspiration et qui peut aller jusqu'à augmenter d'un tiers sa capacité.

En second lieu, la consommation de l'azote, comme je l'ai montré plus haut, étant plus forte, ainsi que le prouve l'augmentation de l'urée produite, il est infiniment

probable que la consommation du carbone suit une marche parallèle.

Je suis d'autant plus porté à admettre cette opinion que si, en raison des difficultés matérielles d'exécution, je n'ai pu, comme je l'avais fait pour l'urée, doser l'acide carbonique exhalé heure par heure et m'assurer de sa diminution dans l'air expiré à mesure que le séjour dans l'air comprimé se prolonge, j'ai pu remarquer, à l'exemple de MM. Hervier et Saint-Lager, que la proportion d'acide carbonique exhalé diminue quand la pression atmosphérique dépasse une certaine limite, fait parfaitement en concordance avec ce que j'ai observé pour l'urée, comme l'indique le tableau numéro 11.

CALORIFICATION

Le troisième phénomène, qui traduit au dehors l'intensité des combustions organiques, est la production de la chaleur animale.

Il semblerait que rien n'est plus facile que d'évaluer la chaleur produite et qu'il suffit, pour l'apprécier, d'appliquer un thermomètre soit à l'aisselle, soit dans l'une des cavités naturelles ; mais, en réalité, le problème est beaucoup plus complexe. Il suffit, en effet, pour s'en convaincre, de remarquer que le thermomètre ou les appareils thermo-électriques, quelque sensibles qu'ils soient, ne donnent des indications exactes que sur la température d'une région limitée de l'organisme, et cela à un moment donné, et sont tout à fait insuffisants pour fournir une indication quelcon-

que sur la *quantité* de chaleur produite en un temps donné. Il faudrait donc, pour résoudre le problème, soumettre l'organisme en expérience aux méthodes de calorimétrie employées par les physiciens, chose irréalisable chez l'homme.

On se voit donc réduit, dans l'étude des variations de la chaleur animale, à apprécier seulement la chaleur des cavités naturelles, car on ne peut également songer à appliquer sur l'homme les procédés qui ont permis aux physiologistes d'observer la chaleur propre des organes internes et du sang dans les diverses parties de l'arbre circulatoire.

Mais si le thermomètre ne permet pas d'obtenir des indications précises sur la quantité d'unités de chaleur produites en un temps donné, cet instrument permet tout au moins de suivre la marche de la température d'un point de l'organisme à différents moments de l'expérience, et, à ce titre, il peut fournir des renseignements intéressants.

Pour étudier les modifications de la chaleur animale [1] sous l'influence de l'air comprimé, j'ai suivi la même marche que précédemment et j'ai eu soin de recueillir les observations concernant la température aux mêmes jours et aux mêmes heures que celles qui concernaient le pouls et les mouvements respiratoires, afin de pouvoir comparer ainsi la marche de ces trois phénomènes.

Le graphique n° 3 et le tableau n° 14, qui correspondent

[1] Dans le cours de mes expériences, je me suis servi, pour les observations sur la température, de thermomètres *a maxima* de Walferdin, à bulles d'air, divisés par dixièmes de degré et permettant d'apprécier très-facilement les vingtièmes. Ces thermomètres avaient été construits avec le plus grand soin par M. Baudin, fabricant d'instruments de précision, 276, rue Saint-Jacques, à Paris.

aux graphiques numéros 1et 2 et aux tableaux 1 et 4, indiquent les variations de la température buccale dans une première série d'expériences faites pendant quatre jours consécutifs, comparativement à l'air libre et dans l'air comprimé, la durée du séjour dans l'appareil étant de quatre heures par jour et les pressions augmentant à chaque changement par 1/5e d'atmosphère.

Graphique N° 3

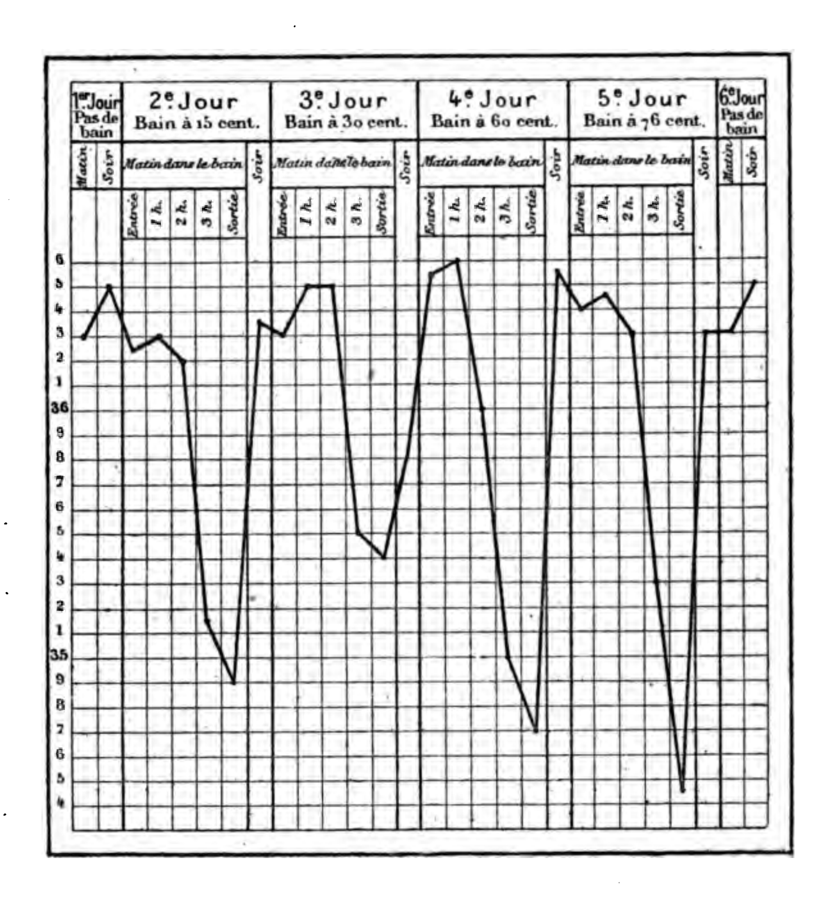


Tableau N° 14. — Température buccale

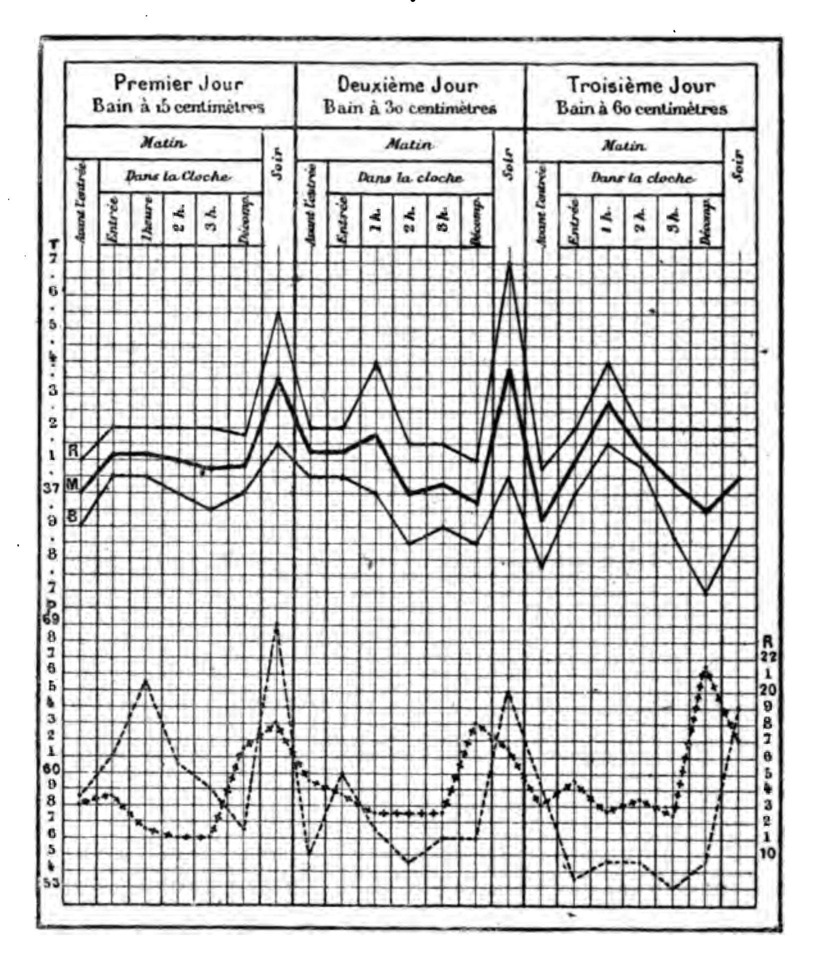
JOURS D'EXPÉRIENCES	PRESSIONS EMPLOYÉES CHAQUE JOUR PENDANT 4 HEURES.	MATIN DANS L'AIR COMPRIMÉ						SOIR A L'AIR LIBRE
		ENTRÉE	1 H. APRÈS	1 H. APRÈS	3 H. APRÈS	DÉCOMPR.	TEMPÉRATURE MOYENNE A CHAQUE PRESSION	
1er Jour. .	15 centim.	36 25	36 30	36 20	35 15	34 90	35 76	36 35
2e Jour. .	30 centim.	36 30	36 50	36 50	35 50	35 40	26 04	35 80
3e Jour. .	60 centim.	36 55	36 60	36	35	34 70	35 77	36 55
4e Jour. .	76 centim.	36 40	36 45	36 30	35 30	34 45	35 78	36 30
Moyennes. . .		36 375	36 462	36 25	35 237	34 862		36 25

Les observations qui précèdent, ayant été faites par un temps assez froid et le thermomètre étant placé dans la bouche, je pensai, en présence de la chute énorme qui se remarque dans la température, à mesure que le bain se prolonge, que, malgré les précautions que j'avais prises, il avait pu se glisser quelques causes d'erreur dans l'expérience.

Je crus donc devoir la répéter en prenant à la fois la température rectale et la température buccale, en laissant à chaque fois le thermomètre en place pendant un quart d'heure. J'eus soin également de noter la température avant d'entrer dans l'appareil pour avoir un point fixe de comparaison.

Le graphique n° 4 [1] et les tableaux 15, 15 *bis* et 15 *ter*, donnent le résultat de cette deuxième expérience.

GRAPHIQUE N° 4



[1] La ligne supérieure R indique la marche de la température rectale ; la ligne inférieure B, celle de la température buccale ; la ligne moyenne M, marquée d'un trait plus fort, celle de la température moyenne.

La ligne - - - - correspond aux variations du pouls, et la ligne + + + + à celles de la respiration.

TABLEAU N° 13. — Température rectale

JOURS D'EXPÉRIENCES	PRESSIONS EMPLOYÉES CHAQUE JOUR PENDANT QUATRE HEURES	MATIN							SOIR A L'AIR LIBRE
		AIR LIBRE AVANT D'ENTRER	DANS L'AIR COMPRIMÉ						
			ENTRÉE	1 H. APRÈS	2 H. APRÈS	3 H. APRÈS	DÉCOMPR.	TEMPÉRATURE MOYENNE A CHAQUE PRESSION	
1er Jour.	15 cent	37 10	37 20	37 20	37 20	37 20	37 175	37 195	37 55
2e Jour.	30 cent.	37 20	37 20	37 375	37 15	37 15	37 10	37 195	37 70
3e Jour.	60 cent.	37 06	37 20	37 40	37 20	37 20	37 20	37 220	37 20
MOYENNES. . .		37 12	37 20	37 325	37 18	37 18	37 158		37 48

TABLEAU N° 13 bis — Température buccale

JOURS D'EXPÉRIENCES	PRESSIONS EMPLOYÉES CHAQUE JOUR PENDANT QUATRE HEURES	MATIN							SOIR A L'AIR LIBRE
		AIR LIBRE AVANT D'ENTRER	DANS L'AIR COMPRIMÉ						
			ENTRÉE	1 H APRÈS	2 H. APRÈS	3 H. APRÈS	DÉCOMPR.	TEMPÉRATURE MOYENNE A CHAQUE PRESSION	
1er Jour.	15 cent.	36 90	37 05	37 05	37	36 95	37	37 010	37 15
2e Jour.	30 cent.	37 05	37 05	36 975	36 85	36 90	36 85	36 925	37 05
3e Jour.	60 cent.	36 78	37	37 15	37 08	36 875	36 70	36 961	36 90
MOYENNES. . .		36 91	37 03	37 058	36 976	36 908	36 85		37 033

TABLEAU N° 15 ter. — **Moyenne des températures rectale et buccale**

JOURS D'EXPÉRIENCES	PRESSIONS EMPLOYÉES CHAQUE JOUR PENDANT QUATRE HEURES	MATIN							SOIR A L'AIR LIBRE
		AIR LIBRE AVANT D'ENTRER	DANS L'AIR COMPRIMÉ						
			ENTRÉE	1 H. APRÈS	2 H. APRÈS	3 H. APRÈS	DÉCOMPR.	TEMPÉRATURE MOYENNE A CHAQUE PRESSION	
1er Jour.	15 cent.	37	37 125	37 125	37 10	37 075	37 087	37 102	37 35
2e Jour.	30 cent.	37 125	37 125	37 175	37	37 025	36 975	37 060	37 375
3e Jour.	60 cent.	36 92	37 10	37 275	37 14	37 037	36 95	37 100	37 05
MOYENNES. . . .		37 015	37 116	37 191	37 080	37 045	37 004		37 258

En examinant les graphiques et les tableaux qui précèdent, on est frappé du parallélisme qui existe entre la marche des combustions organiques et celle de la température animale. Comme la production de l'urée, la température s'élève d'abord sous l'influence de l'air comprimé, au-dessus de son niveau à l'air libre, pour baisser de même graduellement à mesure que la durée du séjour dans l'air comprimé se prolonge.

Quant à l'influence du degré de pression sur la température, cette influence s'exerce également dans le même sens que pour la production de l'urée et de l'acide carbonique et se traduit aussi par une tendance de la température à diminuer à mesure que la pression s'élève, comme on peut

le voir dans les graphiques 3 et 4 et dans le tableau 15 *ter* qui représente la moyenne des températures prises dans la bouche et dans le rectum [1].

Un fait remarquable dans les modifications de la température sous l'influence de l'air comprimé est l'écart assez considérable qui existe entre la marche de la température rectale et celle de la température buccale, cette dernière s'abaissant en général plus que la première. Cet écart me paraît tenir à ce que les capillaires superficiels, donnant passage à une moindre quantité de sang qu'à l'air libre et les phénomènes nutritifs devenant par cela même moins actifs, les pertes de chaleur par rayonnement sont plus considérables à la périphérie que dans les parties profondes mieux protégées contre les causes de refroidissement.

En considérant l'ensemble des modifications imprimées à la nutrition par l'augmentation de la pression atmosphérique, on voit, comme le démontrent les faits que j'ai exposés plus haut, l'activité des combustions organiques croître d'abord parallèlement d'une manière absolue, pour diminuer relativement, puis absolument à mesure que le séjour dans l'air comprimé augmente de durée ou que la

[1] L'abaissement de la température sous l'influence de l'excès de pression, qui se présente d'une manière encore peu tranchée aux pressions qui ne dépassent pas 76 centimètres de mercure, devient très-considérable, comme l'a remarqué M. Bert* sur les animaux soumis à ses expériences, lorsque la pression s'élève à plusieurs atmosphères.

* Paul Bert, *loc. cit*, p. 88 et 89.

pression dépasse une certaine limite, tout en se maintenant en général au-dessus de ce qu'elle est à l'air libre, si l'augmentation de la pression est inférieure à une atmosphère.

On peut s'expliquer d'une manière assez satisfaisante l'augmentation *absolue* de la production de l'urée et de l'acide carbonique d'une part et de la température de l'autre, par ce fait que, chez les sujets plongés dans une atmosphère plus riche en oxygène sous le même volume, l'organisme se trouve dans un état d'*hyperoxhémie*, la quantité de ce gaz dissous dans le sérum du sang étant plus considérable qu'à la pression normale, d'où résulte une oxydation plus active de l'hématoglobuline; mais il est plus difficile de se rendre compte de l'abaissement *relatif* et pouvant même devenir *absolu* qui se produit dans l'énergie des combustions organiques si le sujet prolonge son séjour dans l'air comprimé ou si l'on exagère la pression.

Deux hypothèses peuvent être mises en présence. Dans la première, l'excès d'oxygène introduit dans le sang produirait, pendant les premiers instants de séjour dans l'appareil, une suractivité des combustions organiques qui se traduirait au dehors par l'augmentation de la quantité d'urée sécrétée et d'acide carbonique exhalé, d'où l'élévation de la température et, par suite, l'accélération du pouls que l'on remarque au début. Les matériaux en imminence de transformation seraient brûlés les premiers, puis, la quantité d'éléments combustibles diminuant, la production de l'urée et, par suite, de la chaleur, diminueraient également à mesure que le séjour dans l'appareil se prolongerait, malgré l'afflux de l'élément comburant et cette diminution amène-

rait à son tour l'abaissement de la température et le ralentissement du pouls.

Enfin, l'abaissement brusque que l'on remarque, après la sortie de l'appareil, dans la production de l'urée, serait dû à la fois à la diminution des matériaux combustibles dont la dépense aurait été plus grande et au moindre afflux de l'élément comburant par le retour à l'air libre.

Cette théorie peut rendre compte d'un certain nombre de faits, mais elle n'explique pas la diminution de l'énergie des combustions à mesure que la pression augmente.

Je crois donc qu'il faut chercher ailleurs la solution du problème, et voici l'explication qui me paraît la plus satisfaisante.

On sait que toutes les causes qui produisent l'accélération ou le ralentissement de la circulation amènent parallèlement l'augmentation ou la diminution de l'activité de la nutrition[1]. Or, comme on l'a vu plus haut, l'élévation de la pression atmosphérique, en augmentant la tension artérielle, ralentit la circulation, et ce ralentissement est d'autant plus marqué que la durée du séjour dans l'air comprimé est plus longue ou que la pression est plus forte. On est donc conduit à penser que, chez les sujets plongés dans l'air com-

[1] L'influence que la plus ou moins grande activité de la circulation exerce sur la nutrition est démontrée d'une manière bien évidente par les deux faits suivants, qui sont en parfaite harmonie d'opposition.

D'une part, à la suite de la section du pneumogastrique, on voit les mouvements du cœur s'accélérer et consécutivement la quantité d'urée sécrétée augmenter en proportion de l'élévation du pouls (Siegmund., *Archiv. für patholog. Anat. und Physiol.*, von R. Wirchow. 1853, 6e vol. p. 288).

D'autre part, la digitale qui, en augmentant la contractilité des capillaires et, par suite, la tension artérielle, ralentit la circulation, amène corrélativement une diminution notable dans la production de l'urée et dans la température, dont l'abaissement peut atteindre dans certains cas jusqu'à trois degrés centigrades (Legroux, *Gaz. hebd. de méd. et de chir.*, 1867, p. 119).

primé. il s'établit un antagonisme entre l'action comburante de l'oxygène introduit dans le sang en plus grande quantité et l'action mécanique de la pression qui tend, au contraire, en ralentissant la circulation, à diminuer en même temps l'énergie des combustions organiques. Les variations que l'on observe dans la production de l'urée et de l'acide carbonique, puis consécutivement dans la calorification, seraient donc dues aux variations de la résultante de ces deux actions contraires. Dans les premiers instants de séjour dans l'appareil, l'élément suroxygénation l'emporterait, puis, sous l'influence de la durée du séjour, d'une part, du degré de pression employé, de l'autre, le travail du cœur étant plus considérable, par suite de l'augmentation de la tension artérielle, la circulation, et, par suite, l'activité des actes nutritifs iraient en se ralentissant.

Quant à l'abaissement du chiffre de l'urée qui suit la sortie de l'appareil, on en trouve l'explication rationnelle d'une part, dans la diminution de l'oxygène contenu dans le sang au moment du retour à l'air libre, et, de l'autre, dans cette circonstance que j'ai signalée plus haut, que le pouls, après une légère élévation au moment même de la décompression, ne reprend pas immédiatement sa fréquence et son amplitude, ce qui entraîne nécessairement, pendant quelque temps encore, après la sortie de l'appareil, un ralentissement de la circulation capillaire et consécutivement de la nutrition, d'où les variations que l'on remarque dans la quantité d'urée produite en 24 heures suivant que la circulation met plus ou moins de temps à recouvrer son activité normale.

CONCLUSION

Si l'on envisage à un point de vue général les effets de l'augmentation de la pression atmosphérique sur l'économie animale, on est conduit à distinguer dans l'action qu'exerce l'air comprimé deux éléments, l'élément *pression* et l'élément *suroxygénation*.

De l'élément *pression* ou *mécanique* relèvent principalement les modifications qui se produisent dans le rhythme et l'amplitude de la respiration.

Les modifications éprouvées par la circulation et la nutrition sont la résultante du conflit qui s'établit entre l'élément *suroxygénation* et l'élément *pression*, le premier tendant, par la suractivité qu'il donne aux phénomènes chimiques qui se passent dans les tissus, à augmenter la

production de l'urée et de l'acide carbonique, d'où l'élévation de la température et, consécutivement, l'accélération des battements du cœur qui se remarquent dans les premiers instants de séjour dans une atmosphère plus dense ; le second tendant, au contraire, par les modifications qu'il apporte dans les conditions physiques du cours du sang et par l'augmentation de la tension artérielle qui en résulte à jouer le rôle de *modérateur* en diminuant, par le ralentissement consécutif de la circulation, la rapidité des combustions organiques et la production de la chaleur en raison de la durée du séjour dans l'air comprimé et de l'élévation de la pression. On voit donc ici un nouvel exemple de cette harmonie des fonctions dont Lavoisier a dit : *C'est une chose vraiment admirable que ce résultat de forces continuellement variables et continuellement en équilibre, qui s'observent à chaque pas dans l'économie animale et qui permettent à l'individu de se prêter à toutes les conditions où le hasard le place.*

FIN

LYON. — IMPRIMERIE PITRAT AINÉ, RUE GENTIL, 4.

